

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-267537

(43)Date of publication of application : 24.09.1992

(51)Int.Cl.

H01L 21/66

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 03-050671

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 22.02.1991

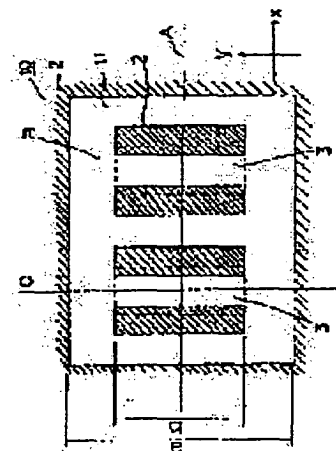
(72)Inventor : SUZUKI AKIYOSHI

(54) EXPOSING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To establish an exposing method by which restrictions on pattern shapes are removed and the use of positive resist becomes possible, along with obtaining high resolution, in the case of trying to raise the resolution of pattern images using a phase shift method.

CONSTITUTION: When a substance to be exposed is exposed with a phase shifting mask 10 having phase shifting films 3, multiple exposure is made shifting the relative position between the said phase shifting mask 10 and the said substance to be exposed in the direction perpendicular to that where the spatial frequency of the pattern forming the said phase shifting films 3 is higher.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

Handwritten marks and symbols in the top right corner.

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-267537

(43) 公開日 平成4年(1992)9月24日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66	J	7013-4M		
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7818-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 1 1 L
		7013-4M		3 4 1 K
審査請求 未請求 請求項の数1(全 6 頁)				

(21) 出願番号 特願平3-50671

(22) 出願日 平成3年(1991)2月22日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 鈴木 章義

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

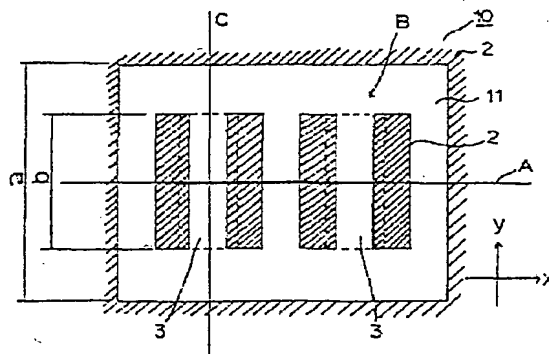
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 露光方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 位相シフト法を用いてパターン像の高解像力化を図る際の、パターン形状の制約を解除し、高解像力化と共にボジレジストの使用を可能とした露光方法確立すること。

【構成】 位相シフト膜3を施した位相シフトマスク10を被露光物に露光する際、該位相シフト膜3を形成したパターンの空間周波数の高い方向と直交する方向に該位相シフトマスク10と該被露光物との相対的位置をずらして多重露光するようにしたこと。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 位相シフト膜を施した位相シフトマスクを被露光物に露光する際、該位相シフト膜を形成したパターン空間周波数の高い方向と直交する方向に該位相シフトマスクと該被露光物との相対的位置をずらして多重露光するようにしたことを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体素子製造用の露光装置に好適な露光方法に関し、特に所謂位相シフト法を利用してレチクル面上（マスク面上）に形成した電子回路パターンを投影レンズを介してウエハ面上に投影露光する所謂ステッパーや直接ウエハ面上に転写する露光装置に好適な露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子製造技術の進展は近年益々、加速度を増しており、それに伴って微細加工技術は現在1MDRAMを境にサブミクロンの領域にまで進展してきている。微細加工技術によりウエハ面上に形成する投影パターンの解像力を向上させる一方法として露光光の波長を固定にして投影光学系のNA（開口数）を大きくしていく方法がある。

【0003】 この方法はある程度まで解像力は向上するが一般に投影光学系の焦点深度がNAの2乗に反比例してくる為、サブミクロンまでの高解像力を得ようとすると焦点深度が浅くなり、製造誤差等によりNAを大きくした分解像力を向上させるのが難しくなってくる。

【0004】 又、高解像力化を図る他の一方法として波長の短い光、例えばエキシマレーザに代表される光源からの光を用いる方法がある。この短波長の光を用いると解像力の向上と共に波長比の分だけ焦点深度が深くなってくる。

【0005】 この他、最近では高解像力化を図る方法として所謂位相シフト法を適用した位相シフトマスクを用いる方法があり、例えば特公昭62-50811号公報、日経マイクロデバイス、1990年7月号108頁そしてIEEE (VOL. ED-29, No12, 1982) 等で種々と提案されている。

【0006】 この方法は従来のマスクパターンを形成する透明パターン部の一部に通過光束に例えば180度の位相差を付与する透明薄膜（位相シフト膜）を形成し、これによりマスクパターンの解像力及びコントラストを向上させる方法である。投影光学系の解像力RPは波長を λ 、係数を k_1 とすると一般に

$$RP = K_1 \cdot \lambda / NA$$

で示される。係数 K_1 は通常のマスクを用いた場合は $K_1 = 0.7 \sim 0.8$ である。これに対して位相シフト法を用いると係数 K_1 は $K_1 = 0.35$ 程度となり、解像力を大幅に向上させることができる。

【0007】 このような解像力の向上はドラスティック

なものであり、従来の光リソグラフィの限界を広げるものとして注目されている。

【0008】 位相シフトマスクには種々のタイプのものがあり、例えば比較的效果の高いものとして空間周波数変換型（Levensonタイプ）と呼ばれるものがある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 空間周波数変換型の位相シフトマスクは位相シフト効果が良好で比較的容易に高解像力化を図ることができるが

（イ）、位相シフト膜を付けれないパターンが存在すること

（ロ）、（イ）に関連してネガ型レジストを使用せざるを得ないこと等の問題点があった。

【0010】 図8は位相シフト膜を付けることができないパターンの一例である。同図において斜線で示した領域81は不透過領域、白い領域82は透過領域である。このような連続パターンの場合には位相シフト膜を例えば領域3に付けると、その境界Bで光強度が0となり境界線が現われてきて、結像させるパターンを歪ませてしまう。

【0011】 これに対して多段の位相シフト膜を設けて境界線の発生を防止する方法が応用物理学会秋期講演会予稿集、491頁、1990年で提案されている。

【0012】 しかしながらこの方法は作成が大変面倒であり、又余分な工程を経なければならないといった問題点があった。

【0013】 本発明はパターンの方向性に着目し、その方向性を利用することにより位相シフト膜を付ける制限を解除し、どのようなパターンであっても位相シフト膜の付着も可能とし、又ネガ型レジストを用いずに従来より実績のあるポジ型レジストを用いたプロセスを構築することができ、高解像力のパターン像が容易に得られる露光方法の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】 本発明の位相シフト膜を付けるのに制約があるというのはもともとICパターン自体の特殊性であり、この意味から言ってパターンの方向性を利用するのは許容される為、このときのパターンの方向性に着目しその方向性を利用することによって位相シフト膜を付ける制限を解除したことを特徴としている。

【0015】 即ち、本発明の露光方法ではパターンに位相シフト膜をかけときに生じる境界線を、位相シフト膜をかけた効果の方向と直交する方向に微量ずらして多重露光することにより、除去することを特徴としている。

【0016】 例えば位相シフト膜の効果を期待できる方向、例えばパターンの空間周波数の高い方向と直交する方向にずらし多重露光することによって、効果の方向

3

向に關しての位相シフト効果を何ら損なうことなく位相シフト膜の境界線を除去している。この結果、従来問題となっていたパターンに対する制約もなく、ポジレジストを用いて微細なパターンを形成することを可能としている。

【0017】

【実施例】図1は本発明に適用可能な位相シフトマスク10のパターン概略図である。同図は従来よりポジレジストでは困難とされていた図8と同様のパターンに対して位相シフト膜を施した場合を示している。

【0018】図中ハッチングした領域2が不透過のクロムパターンであり、それを取囲む空白の領域1がガラス等の透過部を示している。このように透過部がつながっているパターンを用いた場合には従来では位相シフト膜を前述した理由により付けることができなかった。

【0019】本実施例では領域11のうち透過部の領域3に位相シフト膜を施し、x方向の断面において位相シフト膜の効果をj得ている。

【0020】図2は図1の位相シフト膜3を施した位相シフトマスク10の線分A上での断面概略図である。図中1はガラス基板、2は不透過のクロムパターン、3は透過部21の一部に設けた位相シフト膜である。

【0021】図3は図1に示す位相シフトマスク10を通常の露光方法に従い露光したときのポジレジスト面上に形成されるパターン像（レジスト像）の説明図である。図中斜線で示した領域12は光が当たらず、その結果レジストが残っている領域である。同図において線分A上では位相シフト膜の効果で解像力が向上している。これに対して位相シフト膜を施した透過部の境界Bでは位相シフト膜の形状に対応した、ここでは直線状になっ40

ている。本来は所望していない線Baが形成されている。

【0022】従来この余分な線Baにより連絡してしまうようなパターンに対しては位相シフト膜を施すことができなかった。

【0023】一般に図1のようなパターンは位相シフト膜を適用する場合の最も典型的なパターンであると考えられ、線分Aと線分Baとの関係も最も生じやすい例であると考えられている。又線分Aと線分Baとは互いに直交する関係にある場合が多い。

【0024】そこで本実施例では前述した方法により多重露光を行ない線分Aに対する位相シフト効果を温存し、余分な線分Baを多重露光により消去させている。

【0025】即ち、本発明では第1回目の露光を行なった後に所定量、所定方向（y方向）にウエハとパターンとの相対的位置をずらし、然る後に再度露光をかけることを特徴としている。ずらす方向は余分な線Baと直交するy方向、換言すると実際に位相シフト膜の効果で解像力を向上させたパターンの空間周波数の高いx方向と直交するy方向である。

4

【0026】図4は図1の位相シフトマスク10を露光したときに形成される図1の線分Cの断面における光の像強度分布の説明図である。図4は図1の示したパラメータで $a=20\mu\text{m}$ 、 $b=5\mu\text{m}$ としたとき、i線でNA0.5、照明系の $\sigma 0.5$ という系で得られる像強度分布を示している。縦軸は任意ユニットで書いた光の強度Iである。又図4には像強度分布に重ねあわせてもとのチャートの振幅分布も記している。光の強度分布は位相シフト膜の線分Bの存在しているところで位相の反転に伴う急激な落ちがあり、後はフラットとなっている。従来の露光装置ではこの落ちの存在のために位相シフト膜を設定できなかった。

【0027】本発明ではこのときの落ちこみ量をウエハをずらして多重露光をかけて補正している。ここで実際に露光を行なう場合、レジストが現像処理後十分な量だけ残る露光量を例えば0.5とし、強度 $I=0.5$ のところでの強度分布の幅を図のように 2α とすると、簡単のため位相シフト膜の丁度エッジでの強度を近似的に0とすればずらし量は α 以上であることが望ましい。

【0028】このようにすれば位相シフト膜のところで生じる特異点的な強度0となる箇所にも光が入射するようになり、レジストが感光されて、位相シフト膜の跡を消去することができる。ずらし量は勿論レジストのプロセス条件等によって変わるが、最低必要なずらし量は光の強度分布、例えば図4に示した強度分布の落ちが対応している線像強度分布の広がりに対応して設定している。ずらし量を α 以上としたことは線像強度分布の半分以上のずれが必要となることにj対応している。

【0029】図5は本発明に基づいて図1のパターンをy方向に Δ だけずらして多重露光を行なった例を模式的に示した説明図である。ここではずれ量 Δ を $\Delta=2\alpha$ としている。これによって従来の露光方法では図3に示すような余分な線分Baを有したパターン像が得られるが本発明によれば図6に示すような元のパターンと同様のパターン像が得られる。

【0030】尚、本発明では図1のパターンを焼き付けたときの実際に得られるパターン像は図6のようになっている。即ちパターンをずらした結果、パターンシフトが生じ

$$a \rightarrow a + \Delta$$

$$b \rightarrow b - \Delta$$

というずれが生じる。この変換差はずらし方向のみに起こり、+方向にずれるか-方向にずれるかは空白部を囲んでいるパターンであるか（この場合+）、逆に囲まれているパターンであるか（この場合-）によって定まる。あらかじめレジストプロセス条件や、ステッパー側の光学系の条件よりずらしの量と方向さえ定めておけば、最終的に生じる焼き付けパターンの原マスクからのシフトが+方向か-方向かはICパターンレイアウトの時に位相幾何学的に容易に定めることができる。

【0031】これは従来問題となっていたマスク作成の際のCADの問題を大きく改善するもので、CADによるパターンの自動発生をコンピュータの大きな負荷無しに実行できるという大きなメリットを持っている。

【0032】又、この場合位相シフト膜の効果があらわれる方向であるx軸方向、即ち線分Aの断面では解像力の劣化は全く起こっていない。

【0033】このように本発明に従えば、従来大きな問題となっていた位相シフト膜に対する制約を殆ど除去することが可能となる。ずらし方向に対する解像にはずらし量Δに対応する制限が発生するが、これはパターン設計上の工夫で配慮できる。従って半導体素子を製作する際、位相シフトマスクを必要とする各レイヤーのパターンの設計に対し主となる解像方向を決め、それに応じて位相シフト膜を配置し、露光の際にずらして多重露光を行えば全体としてパターン像の微細化を容易に実現することができる。

【0034】尚、以上はずらしを実際に行なう手段として実際に露光の行なわれるウエハを動かして露光を行なうことを示したが、本発明の骨子は露光物と被露光物の相対的位置関係を変えれば実現できる。例えばウエハ側を固定しておいて位相シフトマスク側を動かしても全く同一の効果が得られる。この場合ずらし方向は同一であり、又ずらし量に投影光学系の倍率がかかるのは当然である。

【0035】又、本発明の実施例1では2回の多重露光で位相シフト膜の影響による境界線を消去した場合を示したが、これをもっと多数回の露光で実現することや連続的にずらすことによって実現することも勿論可能である。離散的に露光を与える場合にはシャッターの開閉動作に伴う過渡時間によりタイムロスが存在するが、連続的に行なう場合にはそのような制約がなく処理能力を向上させることが可能となる。

【0036】図7は本発明に適用可能な、他の位相シフトマスク71のパターン概略図である。本実施例では図1の実施例と異なるのは位相シフト膜を施す領域72をクロムのパターンで覆っていることである。

【0037】これによって図1の場合よりもy方向におけるパターン対位相シフト膜の位置合わせエラーが軽減させている。線分D上のパターンの断面構造は図1の線分Aと同一で、図2に示すようになっている。

【0038】本実施例ではパターンの空間周波数が高いx方向に直交するy方向に位相シフトマスクと被露光物(ウエハ)との相対的位置をずらしている。

【0039】本実施例では図中に幅Pで示すクロムパターンの影響で図1の場合よりずらし量が大きくなる。実際には位相シフト膜とクロムパターンとの位置合わせ誤差を救済するため幅Pの値は位置合わせ誤差を救済できる範囲でできるだけ小さい値が望ましい。しかしながらこの場合にもずらし方向は位相シフト膜を付けて解像力を向上させようとするx方向と直交するy方向に行なうため位相シフトマスクの効果は温存される。

【0040】

10 【発明の効果】本発明の露光方法によれば位相シフト膜を施した位相シフトマスクを用いて電子回路パターンを被露光物に転写する際、前述の如く位相シフトマスクと被露光物との相対的位置関係をずらして多重露光することにより、パターン像の解像力及びコントラストを向上させることができ、又従来よりプロセス的に確率されたポジレジストを用いてのパターン像の微細化を可能とすることができる。

20 【0041】又、本発明によれば所定方向にずらした後の露光方法はずらし方向に対し位相幾何学的判断によつてずらしの影響を足したり、引いたりすることによって簡単に位相シフト用のパターンを生成でき、パターン設計が容易になる等の特長を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に適用可能な位相シフトマスクのパターン概略図

【図2】 図1の線分Aの断面概略図

【図3】 図1の位相シフトマスクを従来の露光方法で焼き付けたときのパターン像の概略図

【図4】 図3の線分3の断面概略図

30 【図5】 本発明の原理を示す説明図

【図6】 本発明によって得られるパターン像の説明図

【図7】 本発明の適用可能な他の位相シフトマスクのパターン概略図

【図8】 一般的な位相シフトマスクのパターン説明図

【符号の説明】

1 ガラス基板

2 クロムパターン

3 位相シフト膜

10 位相シフトマスク

40 11 透明部

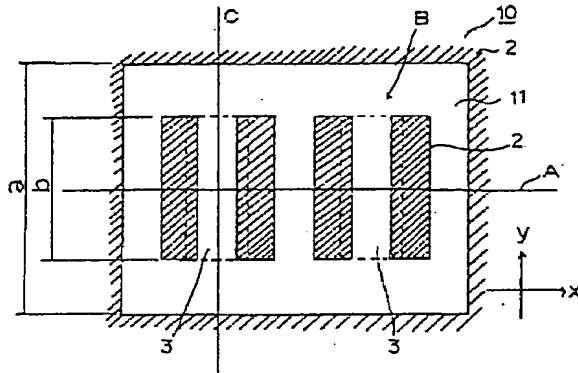
A 位相シフト膜の効果が期待される線分

B 位相シフト膜の境界線

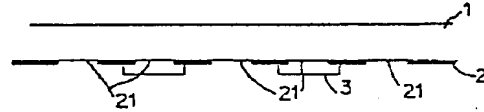
C 位相シフト膜の効果が期待されない線分

21 透過部

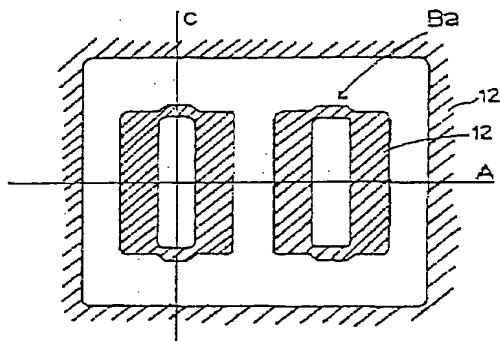
【図1】



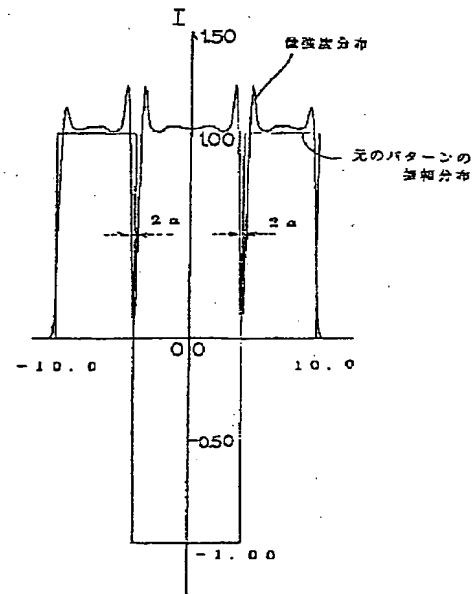
【図2】



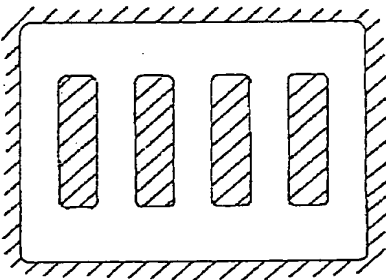
【図3】



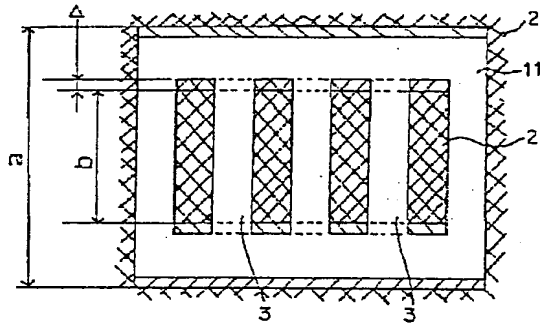
【図4】



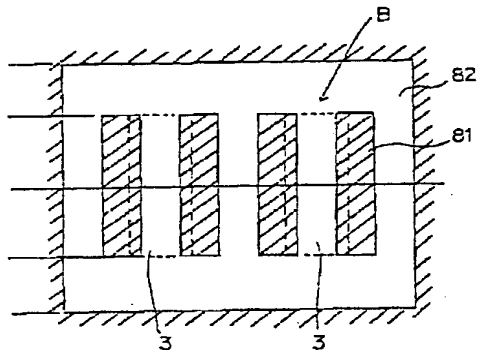
【図6】



【図5】



【図8】



【図7】

